ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 AOUT 1906.

PRÉSIDÉE PAR M. BOUQUET DE LA GRYE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉCONOMIE RURALE. — *L'irrigation et la perméabilité des sols.* Note de MM. **A. Müntz** et **L. Faure**.

L'eau est le facteur essentiel de la production végétale. La prospérité agricole d'un pays est dans un rapport étroit avec sa distribution et là où elle manque les sols les plus riches en principes nutritifs sont voués à la stérilité. Celle qui est apportée par les pluies est souvent trop peu abondante; plus souvent encore répartie sur les époques où la végétation n'en peut pas profiter. Les irrigations ont pour but de la fournir en quantité suffisante et aux moments favorables. On sait les résultats qu'elles donnent; elles peuvent doubler et tripler les récoltes et même transformer en terrains fertiles les sols improductifs. Ce n'est pas seulement dans les régions méridionales que leur efficacité se manifeste; dans le Nord on en tire également un parti très avantageux.

La France est un des pays les mieux dotés en ressources hydrauliques et dans lequel l'arrosage donne les meilleurs résultats; elle est cependant en retard sur certaines nations voisines. A quoi cela tient-il et quels sont les moyens à employer pour amener notre agriculture dans la voie féconde de l'utilisation de l'eau? C'est là une question des plus importantes pour l'avenir agricole de notre pays.

Un grand nombre de raisons ont été mises en avant pour expliquer la lenteur du développement des irrigations en France.

On a invoqué en particulier l'ignorance des cultivateurs, leur manque

de discipline, la complication et la lenteur des formalités administratives, l'insuffisance de notre législation sur les eaux et les syndicats hydrauliques, le morcellement exagéré du sol, l'absence de crédit agricole foncier, etc.., Toutes ces raisons sont exactes. Ces difficultés se présentent notamment dans l'exécution des petites entreprises poursuivies par des cultivateurs isolés ou des unions de cultivateurs, en vue de l'utilisation des nombreux petits cours d'eau qu'on rencontre dans les vallées secondaires. L'esprit d'association, qui s'est si largement développé dans d'autres branches de l'agriculture, commence toutefois à se manifester dans cette voie et d'assez nombreux syndicats pour l'utilisation de l'eau ont été déjà formés. Ce mouvement prendrait, à n'en pas douter, une plus grande extension si les entraves que nous venons d'énumérer venaient à disparaître.

Pour les grands canaux, où l'on doit aller chercher l'eau à distance, aux difficultés précédentes viennent s'ajouter la nécessité de se procurer des capitaux importants et la répugnance des cultivateurs à consentir des souscriptions à long terme. Il convient encore de citer la façon dont on a le plus souvent compris ces entreprises.

La construction de ces canaux a été abandonnée à l'industrie privée et ils ont été en général établis, avec l'aide de subventions de l'État, par des syndicats de propriétaires ou des concessionnaires. Or, si les syndicats sont susceptibles de donner d'admirables résultats pour les entreprises de petite étendue, ils réussissent difficilement dans les grands travaux, où les intérêts des cultivateurs sont trop divergents pour leur permettre d'apporter l'unité de vues nécessaire. L'exécution par des compagnies concessionnaires n'a également conduit qu'à des résultats peu satisfaisants.

Les grands canaux d'irrigation, destinés à porter les eaux sur de vastes territoires, souvent très éloignés de leur prise, sont en effet des entreprises qui ne peuvent donner de bénéfices qu'à une échéance lointaine. D'une part, les travaux d'amenée de l'eau sur le terrain nécessitent le plus souvent la création de longues têtes mortes, qui grèvent lourdement le prix de revient de cette eau. De l'autre, dans les régions où l'on introduit ainsi l'arrosage, le développement de cette pratique agricole ne peut se faire qu'avec une très grande lenteur. La substitution, à la culture ordinaire, de la culture arrosée — à part peut-être celle de la prairie permanente — exige en effet une transformation complète des habitudes des cultivateurs, la modification du mode de culture et d'exploitation du sol, une instruction plus étendue chez les exploitants et une mise de fonds plus considérable. Dans ces conditions, il est impossible que les grands travaux d'irrigation soient immédiatement rémunérateurs et, par suite, les sociétés financières qui les entreprennent sont condamnées à une ruine presque certaine.

C'est donc l'État qui seul peut entreprendre les grands canaux d'arro-

sage, sous réserve toutefois du concours financier des intéressés de toute nature. Seul, il a la possibilité de faire les avances nécessaires pour attendre le moment où les entreprises deviennent rémunératrices. N'en retirât-il d'ailleurs qu'un faible revenu direct, ses bénéfices indirects sont tellement considérables qu'ils suffisent, même sans tenir compte de l'intérêt général résidant dans l'accroissement de la richesse publique, à justifier son intervention. Les données établies par la Commission supérieure pour l'Aménagement des Eaux, instituée en 1878 par M. de Freycinet, montrent en effet que la plus-value des terrains arrosés donne, en général, un accroissement de droits de mutation égal à 8^{fr} par hectare et que leur augmentation de revenu annuel fournit une perception de 12^{fr}. Dans certains cas, les chiffres sont bien plus élevés encore.

Le principe de l'établissement par l'État des grands canaux d'arrosage est aujourd'hui admis par la plupart des ingénieurs et des agronomes qui se sont occupés de la question. On sait, au reste, que c'est surtout à ce système que l'Italie doit la prospérité de ses irrigations et que c'est à lui qu'ont abouti les Anglais, pourtant peu suspects d'entraver l'initiative privée, aux Indes et en Égypte.

L'adoption des principes précédents dans notre pays donnerait certainement à la pratique de l'irrigation une impulsion nouvelle, surtout si les eaux, qui représentent pour le cultivateur une dépense en argent considérable, pouvaient être réparties suivant les besoins réels des sols et la plus-value qu'ils retirent de l'arrosage. De là l'idée nous est venue de chercher à proportionner le volume d'eau fourni à la nature du terrain qui l'utilise.

Pour déterminer ce volume nous avons étudié le facteur qui influe le plus sur la quantité d'eau que peut et que doit recevoir une terre : sa perméabilité, c'est-à-dire sa faculté de se laisser traverser par l'eau avec une rapidité plus ou moins grande. Si l'on ne prend pas cette perméabilité pour guide, on risque d'imposer à certains sols compacts une charge pécuniaire trop lourde, en même temps qu'une quantité d'eau qui leur sera nuisible. On s'expose, d'un autre côté, à donner à des sols perméables moins d'eau qu'il n'est nécessaire pour leur faire produire le maximum de rendement.

Nous avons donc cherché à mesurer le degré de perméabilité des terres et à les classer suivant leurs besoins en eau.

L'examen de ces terres, au laboratoire, par les diverses méthodes d'ana-

lyse physique, ainsi que par les méthodes spéciales usitées dans divers pays pour déterminer cette perméabilité, ne nous a donné que des résultats correspondant imparfaitement aux indications de l'observation du terrain.

Nous avons alors cherché une méthode d'appréciation plus sûre. Elle consiste à mesurer sur place, à l'aide d'un dispositif approprié, la rapidité avec laquelle l'eau s'infiltre dans le sol. Ce dispositif consiste essentiellement en un cylindre de tôle d'acier, qu'on enfonce à une certaine profondeur et dans lequel on maintient une hauteur d'eau constante. La quantité qui s'écoule en un temps donné, une fois le régime permanent d'écoulement dans le sol établi, c'est-à-dire au moment où l'on peut faire abstraction des conditions primitives variables que le sol présente, permet d'établir un classement de perméabilité. Ce procédé, qui s'est trouvé d'accord avec les observations culturales, nous a permis de constater, dans des terrains qui semblaient au premier abord se ranger dans des catégories analogues, des différences extrêmement grandes et tout à fait inattendues. C'est ainsi que, dans diverses terrasses d'alluvions de la Garonne, desservies par un canal d'irrigation et dans lesquelles l'arrosage donne des résultats culturaux différents, nous avons trouvé des degrés de perméabilité exprimés par les chiffres suivants :

	Hauteur d'eau écoulée par heure.
	cm
Plaisance	0,5
Cugnaux	3,8
Villeneuve	10,5

L'explication des différences obtenues dans la pratique ressort clairement de ces chiffres.

Dans les terrasses d'alluvions de l'Ariège, où des projets d'irrigation sont à l'étude, nos observations ont donné les chiffres suivants :

	Hauteur d'eau écoulée par heure.
	cm
Las Rives (terrasse supérieure)	0,5
Pamiers (prairies)	3,5
Pamiers (autres prairies)	16,8
Mas Saint-Antonin	25,2
Verniolles	26,4
Las Rives (terrasse inférieure)	39,0

Des observations analogues qu'a bien voulu faire, à notre demande, M. Albert Michel-Lévy, dans la plaine du Forez, ont donné :

	Hauteur d'eau écoulée par heure.
	cm
Le Cerisier	68
Le Port	30
L'Hermitage	33,3
Verneuil	60

Nous constatons donc dans des sols qu'on serait porté à regarder comme identiques, étant donnée leur formation géologique, une très grande variation dans la perméabilité.

Les premières observations, obtenues par une méthode encore imparfaite, mais que nous avons perfectionnée depuis, devront être étendues. Elles méritent cependant qu'on s'y arrête, car elles montrent un fait dont les conséquences pratiques sont importantes : celui des écarts considérables existant entre la perméabilité de divers sols en apparence analogues, écarts qu'on doit s'attendre à trouver bien plus grands encore dans des terrains dissemblables, comme certains sables grossiers d'une part et certaines argiles, de l'autre. Ceci entraîne, en ce qui concerne l'irrigation et, en particulier, la création et l'exploitation des grands canaux d'arrosage, des conséquences intéressantes.

Le volume d'eau nécessaire à l'arrosage dépend du climat, de la nature des cultures, de celle du sol et du sous-sol, du système d'irrigation employé, de la configuration du terrain, etc. Il s'exprime d'ordinaire en litres et se mesure par un chiffre représentant le débit continu fictif par seconde qui équivaut au débit réel alternatif employé pour chaque irrigation pendant la saison d'arrosage.

Dans les irrigations arrosantes, les seules dont nous nous occupions ici, celui de ces facteurs dont on tient le plus grand compte est ordinairement la nature des cultures. Le volume d'eau employé varie, en effet, de $0^{l},04$ à $0^{l},15$ par hectare et par seconde pour les céréales à $2^{l},5$ pour les jardins. Mais ce sont là les chiffres extrêmes correspondant à des cultures spéciales.

D'une manière générale, on admet en grande culture que la quantité d'eau nécessaire à l'irrigation d'un hectare correspond en moyenne au débit continu de 1^{l} par seconde. Ce dernier chiffre est ordinairement pris pour base dans les contrats passés soit entre l'Etat et les Compagnies d'irrigation, soit entre celles-ci et les agriculteurs.

Or nos expériences montrent qu'on n'a pas jusqu'ici attaché une importance suffisante à la question de la perméabilité et que, si le volume de 1[l] par hectare arrosable peut, dans bien des cas, être pris pour base du débit à donner aux canaux principaux, on ne saurait en général, au moins pour un périmètre un peu étendu, le considérer comme la quantité à fournir uniformément à chaque unité de surface.

Par exemple, dans la plaine de l'Ariège, nous avons trouvé à côté l'une de l'autre deux natures de terrains nettement tranchées; les uns très perméables, laissant très facilement filtrer les eaux, se ressuyant avec une grande rapidité; les autres, au contraire, formés de terres battantes constituées surtout par du sable fin qui, sous l'action des eaux, rend le sol à peu près imperméable. Entre ces deux extrêmes se placent des terres de perméabilités intermédiaires. Il est donc irrationnel de donner à ces divers sols le même volume d'eau.

Il suit de là que le mode actuel de distribution et de vente des eaux d'arrosage, qui conduit, en réalité, à en employer dans tout le périmètre d'un canal le même volume pour la même surface, est défectueux. A ce mode de distribution il conviendrait, à l'avenir, de substituer un autre système assez souple pour permettre à chaque cultivateur de souscrire pour la quantité d'eau dont il a réellement besoin et de l'utiliser à sa guise. Ce système est d'ailleurs déjà usité en quelques endroits : c'est celui de la vente au volume, sans spécification de l'emploi du volume souscrit sur une surface déterminée.

Au point de vue économique, les avantages de ce dernier système paraissent incontestables. Il arrive en effet le plus souvent, et c'est précisément le cas pour les terrains de l'Ariège, de la Haute-Garonne et du Forez, sur lesquels ont été faites nos expériences, que les sols les moins perméables sont, en même temps, ceux de moindre valeur, ne pouvant porter que les cultures irriguées les moins rémunératrices, comme la prairie naturelle. Ces terrains ne peuvent donc supporter des taxes aussi élevées que les sols sur lesquels l'irrigation permet le développement des cultures à gros revenus. En imposant à tous ces sols le même volume d'eau et la même redevance, on obtiendra sur beaucoup d'entre eux des récoltes médiocres, en même temps qu'on les chargera d'un impôt trop lourd. Si, au contraire, chaque nature de terrain ne reçoit et ne paie que le volume d'eau qui lui est nécessaire, la charge supportée se trouvera proportionnée à la valeur du sol et aux bénéfices retirés de l'arrosage. Les cultivateurs n'hésiteront plus alors, comme aujourd'hui, à souscrire des abonnements à l'irrigation.

Un autre point nous paraît utile à signaler.

Pour que ce système puisse être utilement pratiqué, les agriculteurs devront connaître les besoins en eau de leurs terres. Or il semble, en présence des résultats déjà acquis par nos recherches, que cette détermination pourra se faire sommairement par la méthode que nous avons employée.

En effet, avec une aussi grande variation de la perméabilité des terres, on ne peut songer à leur fournir une quantité d'eau rigoureusement proportionnée à leurs besoins, toute méthode ne pouvant permettre, étant donnée la multiplicité des facteurs qui influent sur cette perméabilité, qu'une approximation assez grossière. Il serait donc tout à fait illusoire de chercher à atteindre une précision que ne permet pas la nature même du problème posé. Mais nous estimons, en présence de la grande amplitude des chiffres trouvés, qu'il sera possible de grouper les sols en un petit nombre de catégories, possédant des perméabilités du même ordre de grandeur, et de dresser une sorte d'échelle de perméabilité dans laquelle on pourra faire entrer tous les sols. A chacun des degrés de cette échelle correspondrait l'emploi d'un certain volume d'eau moyen. On pourrait de la sorte, en présence d'un sol donné, déterminer à l'avance, par quelques recherches très simples, dans quelle catégorie il peut être rangé et, par suite, le volume d'eau qui lui est nécessaire.

En entrant dans cette voie, on supprimerait une des causes principales de l'hésitation des cultivateurs à utiliser les eaux des grands canaux d'arrosage.

MÉCANIQUE. — *Sur les deux chaleurs spécifiques d'un milieu élastique faiblement déformé; formules fondamentales.* Note de M. P. DUHEM.

Le système est homogène dans son état initial où sa température uniforme est ϑ_0. Un état quelconque est déduit de l'état initial par une très petite déformation homogène que définissent les trois dilatations ε_1, ε_2, ε_3 et les trois glissements γ_1, γ_2, γ_3; la densité du corps est alors ρ et sa température uniforme ϑ. Si l'on désigne par M la masse du corps, son potentiel thermodynamique interne est

$$\mathcal{F} = \mathrm{M} f(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \vartheta). \tag{1}$$

Pour maintenir le corps en équilibre dans cet état déformé, il faut appliquer à sa surface certaines pressions; ces pressions dépendent par des

formules connues des grandeurs N_i, T_i que définissent les égalités

$$(2)\qquad N_i = -\rho\frac{\partial f}{\partial \varepsilon_i}, \qquad T_i = -\rho\frac{\partial f}{\partial \gamma_i}.$$

Soit $F(\vartheta)$ la température absolue; l'entropie du corps aura pour expression

$$(3)\qquad S = -\frac{M}{F'(\vartheta)}\frac{\partial f}{\partial \vartheta}.$$

En une modification quelconque où les quantités ε_i, γ_i varient de $\delta\varepsilon_i$, $\delta\gamma_i$, la densité ρ varie de

$$(4)\qquad \delta\rho = -\rho(\delta\varepsilon_1 + \delta\varepsilon_2 + \delta\varepsilon_3).$$

Les égalités (2) donnent alors six égalités dont la première est

$$(5)\qquad \begin{cases} \delta N_1 = -\rho\dfrac{\partial^2 f}{\partial\vartheta\,\partial\varepsilon_1}\delta\vartheta - \rho\left(\dfrac{\partial^2 f}{\partial\varepsilon_1^2}\delta\varepsilon_1 + \ldots + \dfrac{\partial^2 f}{\partial\gamma_1\,\partial\varepsilon_1}\delta\gamma_1 + \ldots\right) \\ \qquad - N_1(\delta\varepsilon_1 + \delta\varepsilon_2 + \delta\varepsilon_3). \end{cases}$$

Élevons la température de $\delta\vartheta$ sans faire éprouver au corps aucune déformation; il dégagera une quantité de chaleur $-Mg\,\delta\vartheta$ et nous aurons, en vertu de l'égalité (5),

$$(6)\qquad g = -\frac{F(\vartheta)}{F'(\vartheta)}\left[\frac{\partial^2 f}{\partial\vartheta^2} - \frac{F''(\vartheta)}{F'(\vartheta)}\frac{\partial f}{\partial\vartheta}\right].$$

Supposons, au contraire, que l'on élève la température de $\delta\vartheta$ en maintenant invariables les quantités N_i, T_i; ε_i, γ_i croissent respectivement de $\alpha_i\,\delta\vartheta$, $\beta_i\,\delta\vartheta$, en sorte que les égalités (5) donnent les six égalités

$$(7)\qquad \frac{\partial^2 f}{\partial\vartheta\,\partial\varepsilon_1} + \frac{\partial^2 f}{\partial\varepsilon_1^2}\alpha_1 + \ldots + \frac{\partial^2 f}{\partial\gamma_1\,\partial\varepsilon_1}\beta_1 + \ldots + \frac{N_1}{\rho}(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3) = 0.$$

En même temps, le corps dégage une quantité de chaleur $-MG\,\delta\vartheta$ et l'on a, en vertu des égalités (3) et (6),

$$(8)\qquad G = g - \frac{F(\vartheta)}{F'(\vartheta)}\left(\frac{\partial^2 f}{\partial\varepsilon_1\,\partial\vartheta}\alpha_1 + \ldots + \frac{\partial^2 f}{\partial\gamma_1\,\partial\vartheta}\beta_1 + \ldots\right).$$

En vertu des égalités (7), cette égalité (8) peut encore s'écrire

$$(9)\qquad \begin{cases} G - g = \dfrac{F(\vartheta)}{F'(\vartheta)}\left(\dfrac{\partial f}{\partial\varepsilon_1}\alpha_1 + \ldots + \dfrac{\partial f}{\partial\gamma_1}\beta_1 + \ldots\right)^{(2)} \\ \qquad + \dfrac{F(\vartheta)}{F'(\vartheta)}(N_1\alpha_1 + \ldots + T_1\beta_1 + \ldots)(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3). \end{cases}$$

Dans cette formule, $(^2)$ représente un carré symbolique, tel que, par exemple, $\left(\frac{\partial f}{\partial \varepsilon_1}\alpha_1\right)^{(2)} = \frac{\partial^2 f}{\partial \varepsilon_1^2}\alpha_1^2$.

Considérons une modification isentropique $\Delta\varepsilon_i$, $\Delta\gamma_i$, $\Delta\mathfrak{S}$; les égalités (3) et (6) nous donnent

$$(10) \qquad \frac{F'(\mathfrak{S})}{F(\mathfrak{S})} g \Delta\mathfrak{S} - \frac{\partial^2 f}{\partial\varepsilon_1 \partial\mathfrak{S}}\Delta\varepsilon_1 - \ldots - \frac{\partial^2 f}{\partial\gamma_1 \partial\mathfrak{S}}\Delta\gamma_1 - \ldots = 0.$$

Les quantités N_i, T_i varient en même temps de ΔN_i, ΔT_i et les égalités (5) et (10) donnent

$$(11) \quad \left\{ \begin{aligned} &\Delta N_1 \Delta\varepsilon_1 + \ldots + \Delta T_1 \Delta\gamma_1 + \ldots \\ &\quad = -\rho \frac{F'(\mathfrak{S})}{F(\mathfrak{S})} g (\Delta\mathfrak{S})^2 - \rho\left(\frac{\partial f}{\partial\varepsilon_1}\Delta\varepsilon_1 + \ldots + \frac{\partial f}{\partial\gamma_1}\Delta\gamma_1 + \ldots\right)^{(2)} \\ &\qquad - (N_1 \Delta\varepsilon_1 + \ldots + T_1 \Delta\gamma_1 + \ldots)(\Delta\varepsilon_1 + \Delta\varepsilon_2 + \Delta\varepsilon_3). \end{aligned} \right.$$

Considérons maintenant une modification isothermique où N_i, T_i subissent les mêmes variations qu'en l'isentropique précédente; ε_i, γ_i varient de $d\varepsilon_i$, $d\gamma_i$. Les égalités (5) donnent

$$(12) \quad \left\{ \begin{aligned} &\Delta N_1 d\varepsilon_1 + \ldots + \Delta T_1 d\gamma_1 + \ldots \\ &\quad = -\rho\left(\frac{\partial f}{\partial\varepsilon_1} d\varepsilon_1 + \ldots + \frac{\partial f}{\partial\gamma_1} d\gamma_1 + \ldots\right)^{(2)} \\ &\qquad - (N_1 d\varepsilon_1 + \ldots + T_1 d\gamma_1 + \ldots)(d\varepsilon_1 + d\varepsilon_2 + d\varepsilon_3). \end{aligned} \right.$$

D'autre part, on a évidemment

$$(13) \qquad \Delta\varepsilon_i = d\varepsilon_i + \alpha_i \Delta\mathfrak{S}, \qquad \Delta\gamma_i = d\gamma_i + \beta_i \Delta\mathfrak{S}.$$

Les égalités (9), (11), (12) et (13) donnent sans peine

$$(14) \quad \left\{ \begin{aligned} &\Delta N_1 \alpha_1 + \ldots + \Delta T_1 \beta_1 + \ldots = -\rho \frac{F'(\mathfrak{S})}{F(\mathfrak{S})} G \Delta\mathfrak{S} \\ &\quad - 2\rho\left(\frac{\partial f}{\partial\varepsilon_1} d\varepsilon_1 + \ldots + \frac{\partial f}{\partial\gamma_1} d\gamma_1 + \ldots\right) \times \left(\frac{\partial f}{\partial\varepsilon_1}\alpha_1 + \ldots + \frac{\partial f}{\partial\gamma_1}\beta_1 + \ldots\right) \\ &\quad - (N_1 d\varepsilon_1 + \ldots + T_1 d\gamma_1 + \ldots)(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3) \\ &\quad - (N_1 \alpha_1 + \ldots + T_1 \beta_1 + \ldots)(d\varepsilon_1 + d\varepsilon_2 + d\varepsilon_3). \end{aligned} \right.$$

Dans cette égalité (14), $\times$ représente un produit symbolique tel que

$$\frac{\partial f}{\partial\varepsilon_1} d\varepsilon_1 \times \frac{\partial f}{\partial\varepsilon_1}\alpha_1 = \frac{\partial^2 f}{\partial\varepsilon_1^2}\alpha_1 d\varepsilon_1.$$

Mais des égalités (5) on tire sans peine l'égalité

$$\Delta N_1 \alpha_1 + \ldots + \Delta T_1 \beta_1 + \ldots$$
$$= -\rho\left(\frac{\partial f}{\partial \varepsilon_1} d\varepsilon_1 + \ldots + \frac{\partial f}{\partial \gamma_1} d\gamma_1 + \ldots\right) + \left(\frac{\partial f}{\partial \varepsilon_1} \alpha_1 + \ldots + \frac{\partial f}{\partial \gamma_1} \beta_1 + \ldots\right)$$
$$- (N_1 \alpha_1 + \ldots + T_1 \beta_1 + \ldots)(d\varepsilon_1 + d\varepsilon_2 + d\varepsilon_3).$$

Moyennant cette égalité, l'égalité (14) peut s'écrire

$$(15) \left\{ \begin{aligned} &\Delta N_1 \alpha_1 + \ldots + \Delta T_1 \beta_1 + \ldots \\ &\quad = \rho \frac{F'(\vartheta)}{F(\vartheta)} G \Delta\vartheta + (N_1 d\varepsilon_1 + \ldots + T_1 d\gamma_1 + \ldots)(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3) \\ &\qquad - (N_1 \alpha_1 + \ldots + T_1 \beta_1 + \ldots)(d\varepsilon_1 + d\varepsilon_2 + d\varepsilon_3) \end{aligned} \right.$$

ou encore, selon les égalités (13),

$$(16) \left\{ \begin{aligned} &\Delta N_1 \Delta\varepsilon_1 + \ldots + \Delta T_1 \Delta\gamma_1 + \ldots - (\Delta N_1 d\varepsilon_1 + \ldots + \Delta T_1 d\gamma_1 + \ldots) \\ &\quad = \rho \frac{F'(\vartheta)}{F(\vartheta)} G (\Delta\vartheta)^2 + (N_1 d\varepsilon_1 + \ldots + T_1 d\gamma_1 + \ldots)(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3)\Delta\vartheta \\ &\qquad - (N_1 \alpha_1 + \ldots + T_1 \beta_1 + \ldots)(d\varepsilon_1 + d\varepsilon_2 + d\varepsilon_3)\Delta\vartheta. \end{aligned} \right.$$

Considérons maintenant une seconde modification isothermique où les quantités ε_i, γ_i éprouvent les mêmes accroissements $\Delta\varepsilon_i$, $\Delta\gamma_i$ qu'en la modification isentropique ; les grandeurs N_i, T_i croissent alors de dN_i, dT_i et les égalités (5) donnent

$$(17) \left\{ \begin{aligned} &dN_1 \Delta\varepsilon_1 + \ldots + dT_1 \Delta\gamma_1 + \ldots = -\rho\left(\frac{\partial f}{\partial \varepsilon_1} \Delta\varepsilon_1 + \ldots + \frac{\partial f}{\partial \gamma_1} \Delta\gamma_1 + \ldots\right)^{(2)} \\ &\quad - (N_1 \Delta\varepsilon_1 + \ldots + T_1 \Delta\gamma_1)(\Delta\varepsilon_1 + \Delta\varepsilon_2 + \Delta\varepsilon_3). \end{aligned} \right.$$

Les égalités (11) et (17) donnent

$$(18) \left\{ \begin{aligned} &dN_1 \Delta\varepsilon_1 + \ldots + dT_1 \Delta\gamma_1 + \ldots - (\Delta N_1 \Delta\varepsilon_1 + \ldots + \Delta T_1 \Delta\gamma_1 + \ldots) \\ &\qquad = \rho \frac{F'(\vartheta)}{F(\vartheta)} g (\Delta\vartheta)^2. \end{aligned} \right.$$

Si l'on voulait élever de $\delta\vartheta$ la température du corps sans qu'il subît aucune déformation, on devrait faire croître les quantités N_i, T_i de

$$\delta N_i = A_i \delta\vartheta, \qquad T_i = B_i \delta\vartheta.$$

Visiblement, on a

$$(19) \qquad \Delta N_i = dN_i + A_i \Delta\vartheta, \qquad \Delta T_i = dT_i + B_i \Delta\vartheta,$$

en sorte que l'égalité (18) peut encore s'écrire

$$(20)\qquad A_1\Delta\varepsilon_1 + \ldots + B_1\Delta\gamma_1 + \ldots = -\rho\frac{F'(\vartheta)}{F(\vartheta)}g\Delta\vartheta.$$

Les formules (9), (15), (16), (18) et (20) sont les relations fondamentales auxquelles satisfont les deux chaleurs spécifiques g, G, d'un corps élastique peu déformé.

CORRESPONDANCE.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation du baryum pur à partir de son sous-oxyde.* Note de M. GUNTZ, transmise par M. A. Haller.

Le magnésium d'après Winkler réduit les oxydes alcalino-terreux en mettant en liberté le métal correspondant, mais sans qu'on puisse l'isoler du mélange.

J'ai essayé pour le baryum de produire cette séparation en profitant de la volatilité de ce métal dans le vide.

On chauffe vers 1100° pendant une heure, dans un tube de porcelaine, un creuset en fer au fond duquel se trouve du magnésium en morceaux, puis au-dessus BaO pulvérisée. A l'orifice se trouve un tube en acier refroidi par un courant d'eau intérieur. Si l'on a employé poids moléculaires égaux de Mg + BaO, il se condense, sur le tube refroidi, environ la moitié du magnésium employé ainsi que des traces de baryum. La baryte a changé d'aspect, elle est devenue noirâtre ; traitée par l'eau, elle dégage de l'hydrogène en quantité sensiblement correspondante à la moitié du baryum contenu dans BaO employée.

Ce résultat doit être attribué à la formation d'un sous-oxyde de formule Ba^2O, dissociable à ces hautes températures.

J'ai vérifié cette hypothèse en chauffant de la même manière Ba + BaO. Il se forme le même produit noir fritté, dont les propriétés ressemblent à celles du baryum. Décomposant l'eau, il absorbe au rouge l'azote pour donner Ba^3N^2, l'hydrogène pour donner BaH^2. La réaction de Winkler peut alors s'expliquer ainsi :

$$2BaO + Mg = Ba^2O + MgO + Mg,$$

et l'action de l'hydrogène

$$H^2 + Ba^2O = BaH^2 + BaO.$$

BaH^2 formé enrobant la baryte produite empêche toute action ultérieure du magnésium à basse température.

A l'analyse, ce mélange $BaH^2 + BaO$ se comporte comme un hydrure de formule BaH dont Winkler admettait la formation.

Des propriétés du sous-oxyde de baryum on peut déduire quelques conclusions intéressantes :

1° Mg et BaO à haute température réagissent l'un sur l'autre avec production d'un équilibre dépendant des quantités de substances en présence et de la tension de dissociation de Ba^2O formé. Ainsi, par exemple, à 1100° un mélange de $3BaO + Mg$ donne sur le tube froid un alliage contenant 63 pour 100 de Mg et 37 pour 100 de Ba.

2° Si l'on remplace le magnésium par un métal non volatil comme l'aluminium, il se formera encore du sous-oxyde Ba^2O, mais alors la dissociation de ce composé donnera du baryum pur sur le tube froid, car, s'il y a équilibre entre Ba et Al, comme l'aluminium n'est pas volatil, le baryum sort du cycle de la réaction.

Cette remarque donne un nouveau procédé de préparation du baryum pur.

En chauffant par exemple un mélange de BaO avec le $\frac{1}{10}$ de son poids de Al dans le vide vers 1200°, on obtient du premier coup un métal cristallisé titrant 98,8 de Ba, qu'une deuxième distillation dans le vide donne absolument pur.

On peut ainsi préparer en quelques heures et sans aucune difficulté du baryum pur.

Ce procédé s'applique également au strontium; il permettra d'obtenir facilement ces deux métaux si difficiles à préparer jusqu'à présent.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les azocyanamidés aromatiques.* Note de M. P. Pierron, transmise par M. A. Haller.

Si les amides n'ont pas de tendance à réagir sur les sels de diazonium, les cyanamides monoatomiques possèdent, sans doute en raison de leur caractère plus acide, la propriété de fournir avec eux des copulations, pourvu qu'elles appartiennent, par leur substitution sur l'azote, à la série benzénique ou naphtalénique.

J'ai soumis à l'action du chlorure de diazobenzol, aussi neutre que possible, les cyanamides aromatiques, à l'état de sel alcalin en solution aqueuse

à 5 pour 100 environ. Dès le mélange apparaît un précipité coloré en jaune ou rouge, qui est la cyanamide primaire du paramidoazoïque correspondant à l'amine dont provient la cyanamide considérée.

$$C^6H^5 - Az = Az - Cl + CAz - AzNa - C^6H^5$$
$$= C^6H^5 - Az = Az_{(1)} - C^6H^4 - AzH_{(4)} - CAz + NaCl.$$

Toutefois, il est probable qu'il se forme d'abord un dérivé diazocyanamidé, $C^6H^5 - Az = Az - \underset{\displaystyle CAz}{\underset{|}{Az}} - C^6H^5$, qui se transpose ensuite en azoparacyanamidé, $C^6H^5 - Az = Az_{(1)} - C^6H^4{}_{(4)} - AzH - CAz$.

Lorsque, en effet, la position 4, par rapport au groupement fonctionnel, est occupée sur le noyau, on voit bien se former dans la copulation un nouveau corps, mais il est des plus instables et ne peut en rien être comparé à ceux que donnent les cyanamides libres en para. Celles-ci du reste déposent tout d'abord au début de la réaction un composé de teinte plus claire, qui fonce ensuite; tant que le changement de coloration n'est pas achevé ou que dure l'addition de diazobenzol, un dégagement d'azote notable révèle l'existence d'un corps intermédiaire instable.

Les produits obtenus sont purifiés par agitation de leur solution alcaline avec du benzène, filtration sur noir animal, précipitation à l'aide d'un acide dilué et cristallisation dans l'alcool ou le benzène bouillant. Ce sont encore des cyanamides monoatomiques, car ils en ont le caractère acide et donnent des sels alcalins; ils s'hydratent en liqueur acide en donnant les urées correspondantes; leurs sels alcalins secs, traités par le chlorure de benzoyle, donnent un dérivé benzoylé neutre. Ce sont des azoïques : ils ont des propriétés colorantes et teignent en jaune les fibres textiles, soie, laine, coton tanné; ils se réduisent par le chlorure stanneux chlorhydrique en donnant 1^{mol} d'aniline et 1^{mol} de paramidourée :

$$C^6H^5 - Az = Az - C^6H^4 - AzH - CAz + H^2O + 2H^2$$
$$= C^6H^5 - AzH^2 + AzH^2 - C^6H^4 - AzH - CO - AzH^2.$$

Le résidu azoïque y est donc fixé en para, ce que montre aussi la transformation qu'ils subissent, par digestion au contact de l'hydroxylamine, en un mélange de paramidoazoïque et de l'urée correspondante [1].

---

(1) Les cyanamides, aromatiques, en effet, comme la paratolylcyanamide, mises en présence de chlorhydrate d'hydroxylamine et d'un petit excès de carbonate alcalin,

En un mot ce sont bien les cyanamides des paramidoazoïques et de fait je les ai reproduits en faisant agir sur ces paramidoazoïques le bromure ou le chlorure de cyanogène en solution alcoolique en présence d'un bicarbonate alcalin :

$$C^6H^5 - Az = Az - C^6H^4 - AzH^2 + CAzBr$$
$$= HBr + C^6H^5 - Az = Az - C^6H^4 - AzH - CAz.$$

Ont été préparés :

La benzène-azoparaphénylcyanamide $C^6H^5 - Az = Az_{(1)} - C^6H^4 - Az_{(4)}H - CAz$, aiguilles aplaties jaunes un peu cuivrées, assez solubles dans l'alcool, un peu dans le benzène, moins dans l'éther, à peine dans l'eau. Ses solutions dans les alcalis sont jaunes et elle teint en jaune clair les fibres. Elle fond à 163°. — *L'urée correspondante* $C^6H^5 - Az = Az - C^6H^4 - AzH - CO - AzH^2$ en provient par ébullition avec l'acide chlorhydrique moyennement étendu; cristallisée dans l'alcool, elle se présente en aiguilles jaunes mordorées fusibles à 231°, insolubles dans l'eau, peu dans l'éther, le chloroforme et le benzène, plus dans l'alcool. — *Le dérivé benzoylé* $C^6H^5 - Az = Az - C^6H^4 - Az \begin{cases} CO - C^6H^5 \\ CAz \end{cases}$ est obtenu en évaporant la solution potassique de l'azocyanamide et traitant le résidu par une solution benzénique de chlorure de benzoyle à chaud : prismes orangés courts et durs, solubles dans l'alcool, un peu dans l'éther, peu dans le benzène, fondant à 161°.

La benzène-azoorthotolylcyanamide $C^6H^5 - Az = Az_{(1)} - C^6H^3 \begin{cases} CH^3_{(3)} \\ AzH - CAz_{(4)} \end{cases}$, issue de l'orthotolylcyanamide, fond à 159°, a les mêmes propriétés que le dérivé de la phénylcyanamide et le même aspect; son urée fond à 207°, le dérivé benzoylé à 141°.

La benzène-azométatolylcyanamide $C^6H^5 - Az = Az_{(1)} - C^6H^3 \begin{cases} CH^3_{(2)} \\ AzH - CAz_{(4)} \end{cases}$ est en aiguilles souples et soyeuses jaune clair fusibles à 118°-119°, si on les chauffe lentement, et vers 105° par chauffage brusque; *son urée* fond à 152°, *son dérivé benzoylé* à 134°, tous deux en aiguilles longues et flexibles, jaune rougeâtre ternes et orangées brillantes.

---

s'hydratent en urée; de l'ammoniaque prend naissance et de l'azote se dégage. Cette transformation s'opère vraisemblablement par passage à l'état intermédiaire d'oxyguanidine :

$$C^7H^7 - AzH - CAz + AzH^2OH = C^7H^7 - AzH - C \begin{cases} AzOH \\ AzH^2 \end{cases};$$

$$C^7H^7 - AzH - C \begin{cases} AzOH \\ AzH^2 \end{cases} + H^2O = C^7H^7 - AzH - CO - AzH^2 + AzH^2OH.$$

Mais à côté de ces produits on retrouve toujours de petites quantités d'amine (toluidine) dont l'origine est moins claire.

La benzène-azo-α-naphtylcyanamide $C^6A^5 - Az = Az_{(1)} - C^{10}H^6AzH - CAz_{(4)}$ n'a pu être obtenue cristallisée : matière pulvérulente rouge violacé à reflets verts, fusible sans netteté vers 176°-180°, très hygroscopique ; *son urée,* cristallisée dans la pyridine et séchée à 100°, fond à 253°.

La benzène-azoorthoéthoxyphénylcyanamide

$$C^6H^5 - Az = Az_{(1)} - C^6H^3 \begin{cases} OC^2H^5_{(3)} \\ AzHCAz_{(4)} \end{cases}$$

fond à 121°, aiguilles jaune orangé, cristallisées dans un mélange de ligroïne et de benzène ; *l'urée,* fines aiguilles jaune clair, fond à 206°.

Au lieu de composés semblables, si la position para du noyau est déjà occupée dans la cyanamide, de la copulation résulte bien un corps nouveau, mais celui-ci se décompose aussitôt, souvent avec violence, en dégageant de l'azote et se rassemblant en masses noirâtres, goudronneuses, qui durcissent ensuite.

Épuisées à l'eau, à l'alcali, aux acides, elles abandonnent un résidu charbonneux, friable, noir et poreux, de nature mal définie. Dans les divers solvants ont été reconnus la cyanamide dont on était parti, son urée et du paraoxyazobenzol.

La présence de ces corps est aisément explicable si l'on admet que le composé qui les a engendrés par sa destruction est un diazocyanamidé; il se souderait en effet en phénol, azote et cyanamide :

$$C^6H^5 - Az = Az - \underset{\displaystyle CAz}{\underset{|}{Az}} - C^6H^4 - CH^3 + H^2O$$
$$= C^6H^5 - OH + Az^2 + \underset{\displaystyle CAz}{\underset{|}{AzH}} - C^6H^4 - CH^3.$$

Le phénol décomposerait une nouvelle partie du diazocyanamidé en formant du paraoxyazobenzol :

$$C^6H^5 - Az = Az - \underset{\displaystyle CAz}{\underset{|}{Az}} - C^6H^4 - CH^3 + C^6H^5 - OH$$
$$= C^6H^5 - Az = Az - C^6H^4 - OH + \underset{\displaystyle CAz}{\underset{|}{AzH}} - C^6H^4 - CH^3.$$

La cyanamide s'hydraterait de son côté pour une part en urée.

Les choses se passent pareillement pour la paratolyl, la paraéthoxyphényl et la métaxylylcyanamide, toutes substituées en para ; avec la β-naphtyl-

cyanamide, la réaction suit une marche différente qui sera soumise à une étude spéciale.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une propriété des diastases.* Note de M. J. DUCLAUX, présentée par M. ROUX.

La plupart des théories qui cherchent à relier aux lois générales de la Chimie celles de l'action des diastases renferment implicitement cette hypothèse que l'on peut raisonner sur les diastases comme sur des substances ordinaires : que par exemple un certain volume de solution diastasique renferme la même quantité de corps actif qu'un volume moitié de solution deux fois plus concentrée, de même que 1^l de solution saline à 10 pour 100 contient autant de sel que 2^l de solution à 5 pour 100.

Cela semble évident parce qu'on désigne par le même mot deux choses différentes. Ayant d'un côté une substance préparée par un procédé quelconque, on l'appelle *diastase :* observant dans une solution de cette substance certains phénomènes, on les attribue à la présence de cette diastase. Mais il n'est pas certain que le phénomène soit dû à la totalité de cette substance, *même supposée tout à fait pure :* il peut être dû à une fraction seulement et cette fraction peut être variable selon les conditions de l'expérience.

Pour prendre un exemple sur lequel il est plus facile de raisonner, supposons que nous observions une action catalytique telle que l'inversion du sucre par l'action d'un acide faible comme l'acide acétique. Nous ne pouvons pas dire que 10^l de solution acide centinormale contiennent autant de matière active (de ce mode particulier d'activité) que 1^l de solution décinormale; en effet, ce n'est pas la totalité de l'acide qui agit, mais seulement la partie électrolytiquement dissociée, qui en est une fraction tout à fait variable. Il faut l'évaluer dans chaque expérience et l'on sait que cette évaluation permet de réduire un phénomène très compliqué à d'autres beaucoup plus simples.

Peut-il se produire quelque chose d'analogue dans le cas des diastases proprement dites? Parmi ces diastases la majorité, sinon la totalité, sont des colloïdes. J'ai déjà montré qu'un colloïde, ou pour mieux parler la micelle d'un colloïde, se compose de deux parties dont l'une, pondéralement la plus importante, n'entre pas en réaction et sert simplement de support à l'autre qui est la partie *active*, en ce sens qu'elle réagit, selon des lois particulières d'équilibre, sur tout ce qu'on peut ajouter au liquide qui

entoure la micelle. Par exemple, dans l'hydrate ferrique Fe^2O^3, $m\,Fe^2Cl^6$ de Graham, c'est la partie sous le coefficient (variable) m qui est active, c'est-à-dire qui est en équilibre avec le liquide intermicellaire. Si celui-ci s'appauvrit en chlore, la micelle lui en cède; si on lui ajoute un sulfate, un phosphate, un hydrate, c'est-à-dire des ions SO^4, PO^4, OH, une partie de ces ions est absorbée par la micelle qui abandonne en échange des ions Cl. L'état de cette partie active est donc essentiellement variable suivant la nature des substances en présence desquelles la micelle se trouve et c'est par elle que les propriétés de la micelle sont elles-mêmes modifiées. J'ai déjà montré en effet que la nature et les variations de la partie active sont en rapport avec :

1° Le signe électrique (sens de la marche dans le courant) du colloïde;

2° Sa coagulation;

3° L'absorption par ce colloïde des substances dissoutes.

En poursuivant cette étude j'ai pu établir la même relation avec :

4° La stabilité du colloïde vis-à-vis des influences coagulantes;

5° Sa conductibilité électrique;

6° Sa pression osmotique.

On peut voir par là quelle erreur ont commise ceux qui, dans leurs recherches sur les colloïdes, ont cru pouvoir laisser de côté l'étude chimique de leurs variations. Il est bien probable que l'on commettrait la même erreur en rapportant les propriétés diastasiques d'un colloïde à la masse totale de ce colloïde et non pas seulement à sa partie *active*.

Mais, comme nous l'avons vu, celle-ci est essentiellement variable. Elle change non seulement par l'action d'un sel, mais par une simple addition d'eau. C'est ce qu'a annoncé M. Malfitano (1) pour l'hydrate ferrique de Graham et j'ai reconnu que le même fait (d'ailleurs conséquence inévitable de l'état d'équilibre existant entre la micelle et le liquide intermicellaire) se vérifiait pour beaucoup d'autres colloïdes. Si, comme toutes les analogies conduisent à l'admettre, il reste vrai pour ceux qui ont une fonction diastasique (et l'hydrate ferrique lui-même en a une vis-à-vis de l'eau oxygénée) on voit que la quantité de *matière active* n'aura, dans une série d'expériences, aucun rapport constant et nécessaire avec la quantité de diastase brute qu'on aura mise, et qu'ainsi ces différentes expériences, même simplement faites à des dilutions différentes, ne seront pas comparables entre elles.

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXLI, p. 660.

En particulier, des actions diastasiques de sels métalliques ont été attribuées à la portion hydrolysée de ces sels. C'est une première approximation, nécessairement très grossière. En effet l'hydrolyse d'un sel, chlorure par exemple, ne se fait pas selon la formule schématique

$$MCl^n + nH^2O = M(OH)^n + nHCl,$$

mais l'hydrate formé retient toujours du chlore, à l'état de combinaison et en quantité variable depuis n atomes jusqu'à zéro. D'après ce qui précède, il n'est pas vraisemblable que les propriétés de cet hydrate soient les mêmes quelle que soit la quantité de chlore; l'évaluation seule de la quantité de sel hydrolysé ne peut donc donner qu'une première indication, particulièrement erronée s'il s'agit de comparer l'action de deux métaux.

On pourrait objecter à ceci que les diastases sont actives à des dilutions tellement grandes que l'hydrolyse devrait en être totale, auquel cas notre hypothèse nous conduirait à admettre que leur activité serait nulle. Mais justement un caractère particulier de ces hydrolyses de colloïdes est de n'être complètes que pour des dilutions extrêmement grandes [1]. Tandis que, par exemple, dans une solution de NaCl, la dissociation électrolytique est complète à $\frac{1}{50}$ près quand 1^l contient $\frac{1}{1000}$ de molécule ou environ 60^{mg}, il faut, pour pousser aussi loin l'hydrolyse du composé $Fe^2Cl^6, 10Fe^2O^3$, par exemple, dissoudre une molécule dans 14.10^6 litres ou $0^{mg},15$ dans 1^l. On ne pourra donc pratiquement jamais considérer cette hydrolyse comme totale.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les aciers au cuivre*. Note de M. **Pierre Breuil**, présentée par M. Maurice Levy.

Dans une précédente Communication nous avons fait connaître les points singuliers d'aciers au cuivre tenant 0,15 à 0,18 et 0,35 à 0,38 de carbone; voici les points singuliers d'aciers tenant 0,56 à 0,79 de carbone.

Depuis 0,5 jusqu'à 20 pour 100 de cuivre le point AR_1 varie peu; il se tient entre 575° et 600°; un acier au carbone de cette carburation a, généralement, son point AR_1 vers 670° à 680°. Le cuivre fait donc très notablement baisser ce point, sans toutefois avoir, pour cet abaissement, une action aussi considérable que le nickel ou le manganèse.

On constate le phénomène de récalescence, c'est-à-dire l'abaissement, puis le relèvement de la température à ce point AR_1, d'autant mieux que la teneur en cuivre de l'acier est plus grande; dès que le cuivre s'isole dans l'acier on constate un point vers 1000°. Cette séparation du cuivre ou d'un alliage fer-cuivre a lieu déjà pour une teneur de 3 pour 100 de cuivre,

(1) Duclaux, *Comptes rendus*, t. CXLIII, p. 296.

mais cependant la finesse des globules ainsi isolés n'a pas empêché l'élaboration des lingots ayant 3 et 10 pour 100 de cuivre; le métal n'est rouverin qu'au-dessus de 10 pour 100 de cuivre.

Essais de traction des aciers au cuivre. — Les résultats suivants ont été obtenus avec des barrettes normales prises dans les aciers laminés, puis traitées de différentes façons.

I. — *Aciers bruts de laminage.*

	Cuivre pour 100.	Limite apparente d'élasticité.	Charge maximum.	Allongement pour 100.	Striction.	
Série à 0,15-0,18 de C.	0......	kg 44,6	kg 51,1	14,5	0,52	Barre écrouie par laminage
	0,5....	38,8	47,1	25,5	0,66	
	1,0....	41,5	49,5	26,5	0,60	
	2,0....	47,4	62,6	16,0	0,585	
	4,0....	69,5	77,1	13,0	0,465	
Série à 0,35-0,38 de C.	0......	37,6	58,1	23,2	0,51	
	0,5....	48,6	65,5	20,0	0,485	
	1,0....	45,3	64,5	20,5	0,473	
	2,0....	68,5	79,5	11,0	0,315	
	4,0....	81,8	97,1	11,2	0,235	
Série à 0,56-0,79 de C.	0,5....	62,1	83,5	12,0	0,22	
	1,0....	55,3	89,7	12,5	0,169	
	3,0....	98,1	113,5	3,0	0,025	
	10,0....	102,2	125,5	2,5	0,013	

II. — *Aciers recuits à 900° environ.*

	Cuivre pour 100.				
Série à 0,15-0,18 de C.	0......	25,2	38,7	30,3	0,63
	0,5....	26,9	41,6	28,0	0,60
	1,0....	38,6	49,0	26,0	0,57
	2,0....	41,3	49,5	25,0	0,58
	4,0....	46,0	50,3	22,0	0,63
Série à 0,35-0,38 de C.	0......	31,8	51,1	24,0	0,48
	0,5....	33,4	54,7	23,5	0,43
	1,0....	40,9	60,6	20,0	0,40
	2,0....	45,6	61,6	18,0	0,40
	4,0....	56,5	68,5	16,0	0,42
Série à 0,56-0,79 de C.	0,5....	41,0	71,2	16,5	0,427
	1,0....	42,3	75,5	8,5	0,182
	3,0....	54,0	81,2	7,5	0,206
	10,0....	65,2	82,5	10,0	0,300

III. — *Aciers trempés à 870° et 830° non revenus.*

	Cuivre pour 100.	Limite apparente d'élasticité.	Charge maximum.	Allongement pour 100.	Striction.
		k	k		
Série à 0,15-0,18 de C.	0,0....	49,7	68,5	14,6	0,67
	0,5....	49,5	67,0	16,0	0,527
	1,0....	83,0	92,8	5,55	0,26
	2,0....	106,0	112,0	5,20	0,256
	4,0....	106,0	138,0	7,0	0,295
Série à 0,35-0,38 de C.	0,0....	81,5	101,5	3,5	Plus ou moins voilés à la trempe.
	0,5....	76,5	76,5	1,4	
	1,0....	102,5	102,5	1,4	
	2,0....	75,0	75,0	1,4	
	4,0....	100,2	100,2	1,4	
Série à 0,56-0,79 de C.	0,5....	Plus ou moins voilés ou tapés à la trempe.			
	1,0....				
	3,0....				
	10,0....				

IV. — *Aciers trempés à 870° ou 830° revenus vers 300°.*

	Cuivre pour 100.	Limite apparente d'élasticité.	Charge maximum.	Allongement pour 100.	Striction.
Série à 0,15-0,18 de C.	0,0....	46,2	64,0	10,5	0,68
	0,5....	51,2	72,2	8,5	0,60
	1,0....	58,8	69,0	11,5	0,68
	2,0....	102,5	111,0	6,5	0,338
	4,0....	85,5	100,0	11,0	0,52
Série à 0,35-0,38 de C.	0,0....	72,8	99,5	7,5	0,332
	0,5....	135,2	139,0	3,5	0,18
	1,0....	149,0	162,2	3,5	0,75
	2,0....	155,2	167,0	2,0	0,015
	4,0....	153,0	173,0	1,5	0,01
Série à 0,56-0,79 de C.	0,5....	158,0	158,0	0,0	0,0
	1,0....	Plus ou moins tapés à la trempe.			
	3,0....				
	10,0....				

Ces essais prouvent qu'on aurait grand tort de se fier uniquement aux essais de traction sur barrettes brutes de laminage pour porter une appréciation sur les divers aciers. Tous ces essais montrent bien que le cuivre augmente la ténacité et diminue la ductilité de l'acier, mais dans des proportions éminemment variables avec le traitement du métal.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Culture de microbes en milieux chimiquement définis.* Note de MM. **J. Galimard**, **L. Lacomme** et **A. Morel**, présentée par M. Armand Gautier.

La plupart des tentatives faites en vue de cultiver les microbes en milieux chimiquement définis, sans albumine, ont échoué, sauf celle d'Arnaud et Charrin ([1]) pour le pyocyanique et celle de Lepierre ([2]).

Cette dernière, parce que ses résultats semblaient généraux, eût été fort importante si la constitution attribuée aux produits azotés était exacte.

Nous avons montré que les glucoprotéines formant la base des milieux de M. Lepierre ne correspondent pas à la formule chimique qu'il en donne.

Comme elles sont surtout composées d'acides amidés, nous avons pensé à fournir aux microbes l'azote sous cette forme.

Technique. — Les acides amidés provenant de l'hydrolyse des diverses albumines étudiés au laboratoire de M. Hugounenq, soit mélangés entre eux, soit au contraire séparés ([3]) parfaitement à l'aide des techniques modernes perfectionnées, sont ajoutés dans la proportion de 1 à 2 pour 100 (sauf pour la tyrosine peu soluble) à des bouillons dont voici la composition :

Chlorure de sodium	g 0,5
Sulfate de magnésium........	0,05
Glycérophosphate de calcium.	0,2 à 0,3
Bicarbonate de potassium	quantité suffisante pour alcalinité légère
Glycérine....................	1,5
Eau.........................	100

Les bouillons stérilisés à 120° pendant 45 minutes sont ensemencés en partant de milieux solides de façon à éviter de transporter avec la semence des matières albuminoïdes.

Nous donnons ci-dessous la liste des microbes que nous avons réussi à cultiver dans ces milieux chimiquement définis.

Dans le glycocolle synthétique $C^2H^5AzO^2$: pyocyanique, *prodigiosus,* colibacille R^2, pneumobacille de Friedlander.

([1]) Arnaud et Charrin, *Comptes rendus,* avril et juin 1901.

([2]) Lepierre, *Journ. Physiol. et Pathol. gén.,* 1903, p. 323.

([3]) Hugounenq, *Conférence à la Section lyonnaise de la Soc. chim. de Paris,* 1905.

Dans un mélange provenant de l'hydrolyse de l'ovalbumine, 75 *pour* 100 *de leucine* $C^6H^{13}AzO^2$, 25 *pour* 100 *d'alanine* $C^3H^7AzO^2$, + *traces de tyrosine* $C^9H^{11}AzO^3$: pyocyanique, *prodigiosus*, colibacille R^2, pneumobacille de Friedlander, tétragène, staphylocoque orangé, *sarcina superba*.

Dans la tyrosine $C^9H^{11}AzO^3$, provenant de l'hydrolyse de l'ovalbumine : pyocyanique, diarrhée verte.

Dans l'acide aspartique $C^4H^7AzO^4$, provenant de l'hydrolyse de l'ovalbumine : pyocyanique.

Dans le chlorhydrate d'arginine $HCl, C^6H^{14}Az^4O^2$, provenant de l'hydrolyse de la vitelline : pyocyanique, colibacille R^2, diarrhée verte;

Dans le chlorhydrate de lysine $HCl, C^6H^{14}Az^2O^2$, provenant de l'hydrolyse de la vitelline : pyocyanique.

Dans un mélange ne contenant que l'ensemble des acides monoamidés avec de la lysine et de l'ornithine et provenant de l'hydrolyse barytique de l'ovalbumine : pyocyanique, pneumobacille de Friedlander, *sarcina superba, sarcina erythromyxa*.

La séance est levée à 3 heures trois quarts.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 23 juillet 1906.

(Suite.)

La théorie électrodynamique du monde et les éruptions volcaniques et les grands séismes. (Extr. des *Comptes rendus de l'Association française pour l'avancement des Sciences.* Congrès de Grenoble, 1904.) 1 fasc. in-8°.

Terminologie générale du minéralogiste prospecteur, par Georges Hyvert. Carcassonne, G. Servière, 1903; 1 fasc. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Une ancienne mine d'antimoine dans le Limousin aurifère; technologie de l'antimoine, par Georges Hyvert. Carcassonne, G. Servière, 1906; 1 fasc. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

XXXIIIe Bulletin météorologique annuel du département des Pyrénées-Orientales, année 1904. Perpignan; 1 fasc. in-4°.

Annales de l'Institut national agronomique, École supérieure de l'Agriculture; 2e série, t. V, fasc. 1. Paris, 1906; 1 vol. in-8°.

L'Anthropologie, t. XVII, nos 1-2, janvier-avril 1906. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-8°.

Dessins relatifs au glycogène et au paraglycogène, faits par L. Errera. (Extr. du

Recueil de l'Institut botanique, t. I.) Bruxelles, Hayez, 1906; 1 fasc. in-8°. (Hommage de Mme Vve L. Errera.)

Fenomeni elettrici nella eruzione del Vesuvio dell' aprile 1906; nota del prof. Gioachino di Paola. Naples, 1906; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Die Quadratur des Kreises, von Oscar Flor. Riga, 1904; 1 fasc. in-8°.

Natuurkundig tijdschrift voor Nederlandsch-Indië; deel LXV, 1905; 1 vol. in-8°.

Revista dos cursos da Faculdade de Medicina da Bahia; anno III, t. III. Bahia, 1905; 1 vol. in-8°.

Revista de la Real Academia de Ciencias exactas, fisicas y naturales de Madrid; t. IV, n° 1, enero de 1906. Madrid, 1906; 1 fasc. in-8°.

Revue des Questions scientifiques, publiée par la Société scientifique de Bruxelles; 3e série, t. X, 20 juillet 1906. Louvain, 1906; 1 vol. in-8°.

Annales scientifiques de l'Université de Jassy; t. IV, fasc. 1, juin 1906. Jassy; 1 fasc. in-8°.

Abhandlungen der königlich-preussischen Akademie der Wissenschaften, aus dem Jahre 1905, mit 21 Tafeln. Berlin, 1905; 1 vol. in-4°.

Ouvrages reçus dans la séance du 30 juillet 1906.

Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France; t. XLIX, 2e série. Paris, Gauthier-Villars, 1906; 1 vol. in-4°.

Lavoisier et le genre Isoetes dans les Vosges, par P. Fliche, Correspondant de l'Institut. (Extr. des *Mémoires de l'Académie de Stanislas,* 6e série, t. III, 1905-1906.) 1 fasc. in-8°.

Superficie de la Russie d'Asie avec les bassins des océans, des mers, des rivières et des lacs, ainsi que les superficies des divisions administratives sous le règne de l'empereur Nicolas II, par A. de Tillo, Correspondant de l'Institut, 1905; 1 fasc. in-4°.

Carte des bassins des océans, mers, fleuves et lacs de la Russie d'Asie et des pays limitrophes, dressée par A. de Tillo, Correspondant de l'Institut. Annexe au Mémoire : *Superficie de la Russie d'Asie.* Saint-Pétersbourg, 1905; 1 feuille pliée in-f°.

Le lac de Ladoga au point de vue thermique, par Jules de Schokalsky, avec 2 cartes. Berlin, 1900, et Saint-Pétersbourg, 1906; 1 fasc. in-8°.

Notice sur les sondages des hautes couches de l'atmosphère en mer et les principales Compagnies de navigation, par M. J. de Schokalsky. Saint-Pétersbourg, 1905; 1 fasc. in-8°.

Exposition internationale d'Océanographie, 1906, Section russe : *Aperçu des travaux exposés par le Ministère de la Marine impériale russe, et les recherches océanographiques et limnologiques russes,* par J. de Schokalsky. Saint-Pétersbourg, 1906; 1 fasc. in-8°.

(Les Ouvrages de M. de Tillo et de M. de Schokalsky ont été présentés en hommage par M. Alfred Grandidier.)

Sur la construction d'une Table de caractéristiques relatives à la base 30 030 *des facteurs premiers d'un nombre inférieur à* 901 800 900, par Ernest Lebon. Paris, 1906; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Rapport sur la marche en parallèle des alternateurs, par P. Boucherot. Liége, 1906; 1 fasc. in-8°.

Le crétacique dans l'Arrabida et dans la contrée d'Ericeira, par Paul Choffat. Lisbonne, 1904; 1 fasc. in-8°.

L'année météorologique à Amiens, décembre 1904-novembre 1905, par M. H. Duchaussoy. Amiens, 1906; 1 fasc. in-8°.

Erdmagnetismus und Luftelektrizität, von Heinrich Rudolph. Coblentz, 1906; 1 fasc. in-8°.

Verhandlungen der Oesterreichischen Kommission für die internationale Erdmessung. Protokol über die am 29. Dezember 1904 abgehaltene Sitzung. Vienne, 1905; 1 fasc. in-8°.

Ein neues Verfahren zur Messung der Linienverschiebung in Spektrogrammen, von J. Hartmann. (Pub. des *Astrophys. Observ. z. Potsdam,* n° 53.) Potsdam, 1906; 1 fasc. in-4°.

Vermessung der Umgebung des Orionnebels, von Br. Meyermann, mit 1 Tafel. Berlin, 1906; 1 fasc. in-4°.

The surgery of the heart and lungs, a history and résumé of surgical conditions found therein, and experimental and clinical research in man and lower animals, with reference to pneumonotomy, pneumonecotomy and bronchotomy, and cardiotomy and cardiorrhaphy, by Benjamin Merrill Ricketts. New-York, 1906; 1 vol. in-8°.

ERRATA.

(T. CXLIII, séance du 30 juillet 1906.)

Note de MM. *Gabriel Bertrand* et *A. Lanzenberg*, Sur la *l*-idite cristallisée de synthèse :

Page 294, ligne 2, *au lieu de* 2 millièmes, *lisez* 1 millième.
Même page, ligne 3, *au lieu de* — 30°, *lisez* — 35°.